

河川の浄化に関する研究 (その X)

—生活排水中の懸濁物質組成と処理効果等について—

佐々木 徹 井上 互 川原 浩

1 はじめに

多摩川中流域の水質改善対策の研究の一環として、本川の汚濁物質の浄化効果に関する検討とあわせて、主要発生源からの有機性汚濁物質および同関連物質について排出実態を調査したところ、河川水と排水の水質が懸濁物質濃度によって影響を受けることが判った。

このため、し尿浄化槽排水を用いて、その懸濁物質の粒径 $8\mu\text{m}$ 以下の懸濁物質の組成と水質との関連について検討を行ったが、懸濁物質組成の90%以上が粒径 $8\mu\text{m}$ 以上で占められ、 $8\mu\text{m}$ 未満の粒径については、粒径別間の組成と水質との関連を認め難かった。

このため、本報告では、懸濁物質粒径 $8\mu\text{m}$ 以上についても組成と水質との関連を検討した。

また、溶存成分は、活性汚泥処理等生物処理によって除去されにくい傾向があるので、ばっ気実験を行ってその変化を検討した。

2 方 法

(1) 試料

試料は下記のし尿浄化槽排水の流入水・沈殿槽越流水を用いた。更に、A浄化槽には凝集沈殿・砂ろ過、B浄化槽には生物ろ過の各施設が三次処理施設として設置されており、それぞれの処理水も試料とした。

採水は、流入水の水質変動を考慮して汚濁程度の高い朝の時間帯に採取することとした。

なお、A～C浄化槽の生物学的処理法に対し、凝集沈殿・砂ろ過・活性炭吸着の化学的処理法によって合併処理しているD浄化槽についても調査した。

A浄化槽	B浄化槽	C浄化槽	D浄化槽
処理人員：5,400人	12,000人	4,100人	3,300人
排水量：1,700 m^3 /日	2,000 m^3 /日	800 m^3 /日	380 m^3 /日

処理方式	標準活性汚泥法	標準活性汚泥法	長時間ばっ気法	化学処理法

(2) 分析項目と分析方法

分析項目と分析方法は、BOD・COD・全有機炭素(TOC)・蒸発残留物については、JISK0102により、全窒素(T-N)は、ケルダール体窒素・アンモニア体窒素・亜硝酸体窒素・硝酸体窒素を求め、その合計とした。全リン(T-P)は、浮田正夫他によるモリブデンブルー法により過硫酸カリ分解した後のリン酸体リンを測定し、分解しない場合のリン酸体リンを差引いて求めた。

(3) 懸濁物質のろ別法

排水中の懸濁物質は、まず真鍮製フルイにより、各々孔径 $1,000\mu\text{m}$ (16メッシュ、以下同じ)、 $500\mu\text{m}$ (32)、 $250\mu\text{m}$ (60)、 $105\mu\text{m}$ (145)、 $63\mu\text{m}$ (250)、 $20\mu\text{m}$ (635)にふるい分け、更に $1.2\mu\text{m}$ のワットマン製ガラス繊維ろ紙および $0.45\mu\text{m}$ のミリポア製メンブランろ紙を用いてろ別しそのろ液を分析した。

また、ろ別した懸濁物質量は定量が困難だったため、それぞれ孔径上位のろ液の蒸発残留物との差として求めた。更に、未ろ過水の懸濁物質量は未ろ過水の蒸発残留物から $0.45\mu\text{m}$ ろ液を溶解性成分とみなして、その蒸発残留物を差引いて求めた。

(4) ばっ気実験の方法

実験装置は、縦 36.4cm 、横 117cm 、深さ 37cm の水槽を用い、B浄化槽の表1に示す流入水と返送汚泥(M LSS $3200\text{mg}/\ell$)をほぼ2:1の割合で混合してM LSSを $2,000\text{mg}/\ell$ とし、エアコンプレッサーによりばっ気を行った。実験開始時の液量は 158ℓ であった。

開始直後、30分後、以後1時間間隔で8時間後まで2 ℓ ずつ採取し、孔径 $20\mu\text{m}$ の真鍮製フルイでろ過し、

表1 実験に用いた試料の分析結果

分析項目	流入水		返送汚泥
	未ろ過	20 μ mろ液	20 μ mろ液
BOD	200	130	17
COD	120	78	14
TOC	150	100	14
T-N	51.2	48.4	13.3
T-P	7.53	6.49	3.3
蒸発残留物	510	390	250

直ちにろ液を分析した。試料の採取にあわせて、水温・pH・溶存酸素・SV₃₀・送気量を測定した。

3 結果

(1) 分析結果

A~D浄化槽における流入水・沈殿槽越流水およびこれらの懸濁物質の粒径別水質分析結果を表2-1~4に示す。

活性汚泥法により処理を行っているA~C浄化槽はいずれも管理状況が良好であり、その沈殿槽越流水の未ろ過水についてみると、BODは1~11mg/l(除去率93~99%,以下同じ)、CODは7~20mg/l(78~89%), TOC8~9.6mg/l(91~93%), T-N4.96~14.2mg/l(58~77%), T-Pでは0.96~3.06mg/l(42~80%)であった。

ア 懸濁物質の組成

流入水の懸濁物質の組成は、図1のとおりであり、いずれの浄化槽も、ほぼ似たような組成を示していた。

沈殿槽越流水の懸濁物質組成は、粒径1,000~105 μ mまではフルイの孔径を通過してしまい捕捉されなかった。

また、蒸発残留物についてみると、粒径105 μ m未満の懸濁物質組成は、A~C浄化槽とも大きな差はみられなかった。

イ 粒径組成と水質

活性汚泥法によるA~C浄化槽の流入水について、

懸濁物質を粒径別にろ過し、ろ過前のBOD等汚濁物質との残存率を図2-1~5に示す。

BOD・TOCは、図2-1、図2-3にみるとおり、粒径105 μ mまでは、ほぼ横ばい状態で漸減するが、粒径20 μ m以上の懸濁物質を除去すると、水質は50%以上良くなった。

一方、T-N・T-Pについては、図2-4~5にみるとおり、粒径63 μ mまではほとんど変化なく、粒径1.2 μ m以上を除去しても、なお59%以上が残存してい

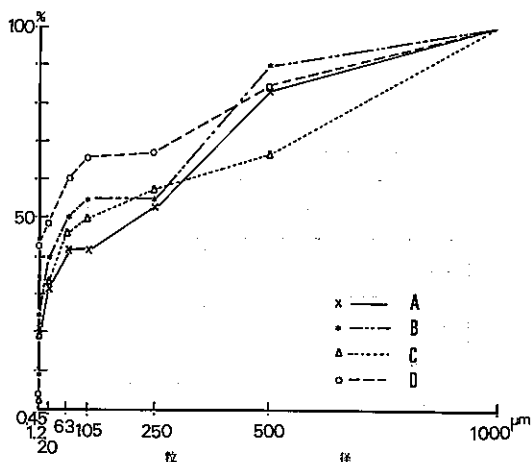


図1 流入水中の懸濁物質組成

た。

沈殿槽越流水についてみると、BODではA浄化槽を除き粒径63 μ m以上を除去することにより、未ろ過水より55%更に水質が良くなったが、COD・TOC・T-N・T-Pについては、懸濁物質を除去しても水質には大きな差はなかった。これは、溶存成分に起因するものと考えられる。

(3) ばっ気実験の結果

前述のとおり、流入水中の懸濁物質のうち、粒径20 μ m以上の懸濁物質を除去することにより、BOD・TOCは50%以上が除去できた。しかし、溶存成分については、生物酸化槽内における浄化挙動が十分に知られていない。そこで、溶存成分の経時変化を把握するためにばっ気実験を行った結果を図3に示す。

粒径組成の結果から、本実験では、孔径20 μ mろ液成分を溶存成分とみなして水質を検討したが、図3にみるとおり、流入水と返送汚泥を混合した直後では、BOD・COD・TOC・T-N・T-Pは、それぞれ59mg/l

表 2 - 1 A 浄化槽水質分析結果

単位：mg/l

分 析 項 目	流 入 水									沈 澱 槽 越 流 水					凝 固 沈 澱 水	砕 石 過 濾 水
	未ろ過	ろ 液								未ろ過	ろ 液					
		1,000 μ m	500	250	105	63	20	1.2	0.45		63 μ m	20	1.2	0.45	未ろ過	未ろ過
BOD	130	110	110	100	100	97	61	26	15	1.1	1.2	1.1	1.1	<0.5	2.7	1.3
COD	53	53	52	50	43	42	39	23	18	7	7	5	4	4	8	6
TOC	120	91	81	76	73	63	50	28	8.0	8.0	7.1	5.5	5.4	5.1	8.4	6.7
T-N	22.8	22.0	21.8	22.0	22.0	20.6	19.8	15.5	15.1	5.83	5.08	5.02	5.15	5.34	5.21	28.5
T-P	3.92	3.92	3.90	3.90	3.87	3.65	2.92	2.73	2.24	2.24	2.09	2.06	2.14	2.00	2.58	2.69
蒸発残留物	430	400	340	320	320	300	290	280	240	200	200	200	200	200	210	200

表 2 - 2 B 浄化槽水質分析結果

単位：mg/l

分 析 項 目	流 入 水									沈 澱 槽 越 流 水					生 物 過 濾 水
	未ろ過	ろ 液								未ろ過	ろ 液				
		1,000 μ m	500	250	105	63	20	1.2	0.45		63 μ m	20	1.2	0.45	未ろ過
BOD	240	220	190	160	150	92	63	32	27	11	5.0	2.9	2.7	1.4	2.8
COD	96	84	77	75	74	55	54	27	26	11	10	10	9	9	8
TOC	130	130	130	110	94	79	61	32	26	8.2	8.2	8.2	7.7	7.7	8.1
T-N	33.6	33.4	31.0	28.5	29.1	26.8	25.2	19.7	19	14.2	14.0	11.8	12.9	14.0	13.5
T-P	6.34	6.16	6.08	6.05	6.05	6.46	4.97	3.95	3.76	3.06	2.96	2.86	2.75	3.01	3.09
蒸発残留物	410	390	320	320	310	290	260	230	210	290	270	240	240	210	240

表 2 - 3 C 浄化槽水質分析結果

単位：mg/l

分 析 項 目	流 入 水									沈 澱 槽 越 流 水				
	未ろ過	ろ 液								未ろ過	ろ 液			
		1,000 μ m	500	250	105	63	20	1.2	0.45		63 μ m	20	1.2	0.45
BOD	110	88	83	83	84	72	48	23	15	6.2	2.8	2.5	2.0	0.7
COD	76	68	61	60	59	54	49	26	20	10	8	8	8	8
TOC	110	99	93	89	88	78	55	31	22	9.6	8.7	8.0	7.9	7.3
T-N	22.0	20.3	20.3	20.3	20.0	19.0	15.9	13.0	11.0	4.96	4.85	4.71	3.05	4.62
T-P	4.88	4.88	4.83	4.77	4.85	4.65	4.57	3.62	3.54	0.95	0.86	0.89	0.69	0.77
蒸発残留物	550	470	450	430	420	390	360	320	310	320	320	310	300	300

表 2 - 4 D 浄化槽水質分析結果

単位：mg/l

分 析 項 目	流 入 水									沈 澱 槽 越 流 水					砂ろ過 処理水	活性炭 吸着 処理水
	未ろ過	ろ 液								未ろ過	ろ 液					
		1,000 μ m	500	250	105	63	20	1.2	0.45		63 μ m	20	1.2	0.45	未ろ過	未ろ過
BOD	185	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	19	3
COD	93	81	81	75	71	63	59	40	38	20	20	20	15	15	17	9
TOC	117	109	108	101	96	81	73	42	33	26	25	25	21	17	15	8.9
T-N	51.6	50.5	50.9	50.9	50.2	48.4	46.6	41.2	38.9	35.1	34.6	34.1	22.0	21.0	32.3	27.9
T-P	6.90	6.52	6.35	6.40	6.23	6.23	4.86	2.73	2.33	0.39	0.35	0.34	0.09	0.02	0.25	0.20
蒸発残留物	630	490	460	450	440	410	400	310	300	370	370	360	350	350	350	350

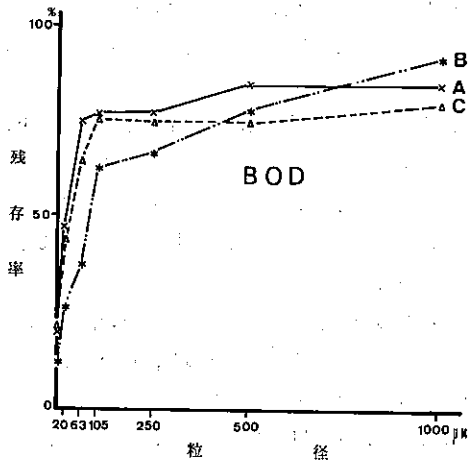


図 2-1

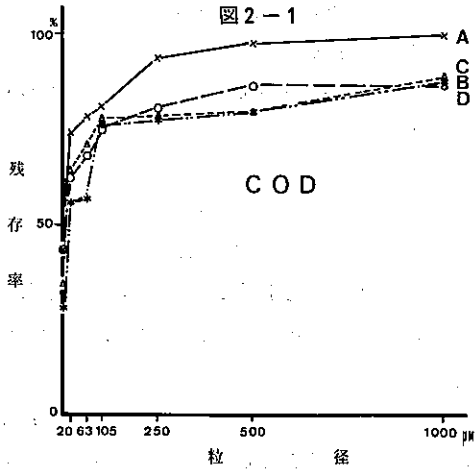


図 2-2

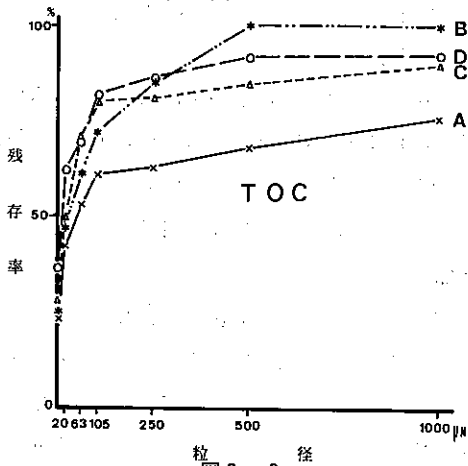


図 2-3

- x — A
- * — B
- △ — C
- — D

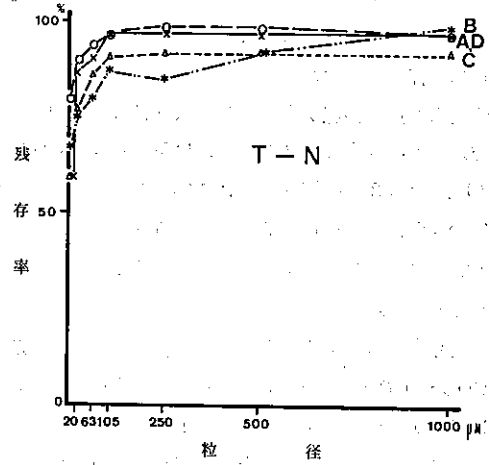


図 2-4

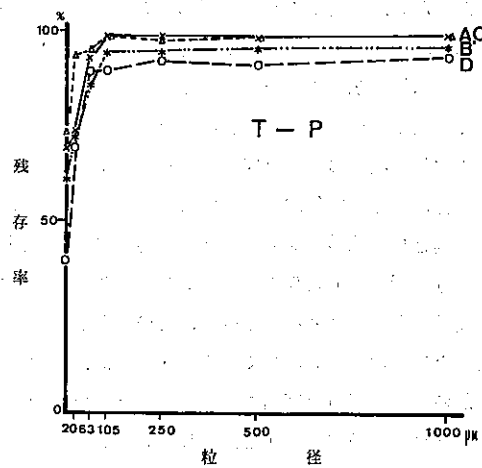


図 2-5

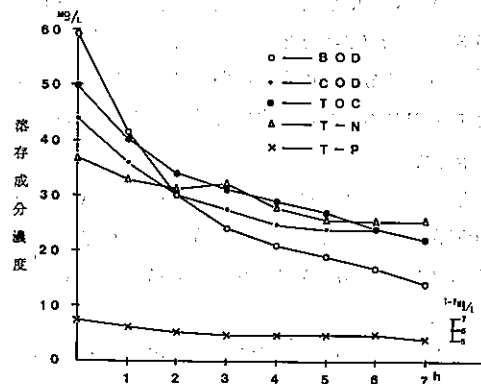


図 3 溶存成分の経時変化

図 2-1 ~ 5 懸濁物質粒径別の水質残存率

・44 mg/l ・50 mg/l ・36.9 mg/l ・6.65 mg/l となった。これは、返送汚泥により希釈されたものと考えられ、押し流れ式の実処理施設のばっ気槽においても、流入水と返送汚泥が合流する流入部付近のBODが13 mg/l (流入水は120 mg/l, 以下同じ), CODは13 mg/l (81 mg/l), TOC 14 mg/l (110 mg/l), T-N 45.7 mg/l (15.7 mg/l), T-P 5.98 mg/l (3.6 mg/l) であることから希釈によるものであるといえる。

残存率についてみると、3時間後では、BOD 37% COD・TOCは60%程度となり、その後はあまり減少していかない傾向がみられた。T-N・T-Pについては、7時間後でも70%以上が残存しており、実処理施設における平均的な窒素・リンの除去率と大差はなかった。なお、実験中の水温は16.5~17°C, pHは6.7~7.4, 溶存酸素は1.6~3.4 mg/l, SV₃₀は16~22%, 送気量7.6 l/分であった。

(4) 化学処理法における懸濁物質除去と水質

化学処理法における処理のフローシートは、まず流量調整槽を経て凝集沈殿処理槽に流入するが、ここで凝集剤として硫酸バンド(濃度300 mg/l, 以下同じ)と高分子凝集剤(0.5 mg/l)が注入される。次いで、急速砂ろ過塔によりろ過を行い、そのあと活性炭吸着処理をして消毒後放流している。なお、活性炭吸着塔内部の微生物繁殖を抑制するため、砂ろ過処理後硝酸ナトリウム(10 mg/l)を添加している。

懸濁物質除去と水質との関係は、表2-4にみるとおり、凝集沈殿処理後では、BODは28 mg/l (除去率85%, 以下同じ), COD 20 mg/l (78%), TOC 26 mg/l (78%), T-N 35.1 mg/l (32%), T-Pでは0.39 mg/l (94%)となり、懸濁物質を主体にした処理であっても、その水質はかなり良くなっている。特にT-Pについては、生物処理にはみられない除去率を示していた。

急速砂ろ過処理では、BODが19 mg/l (90%), COD 15 mg/l (82%), TOC 15 mg/l (87%), T-N 32.3 mg/l (37%), T-Pでは0.25 mg/l (96%)であった。

更に、活性炭吸着処理では、BOD 3 mg/l, COD 9 mg/l, TOC 8.9 mg/l, T-N 27.9 mg/l T-Pは0.2 mg/lとなり、T-N濃度は硝酸ナトリウムの添加により高い値を示したものの、懸濁物質の除去

を中心とした処理方法であっても、従来の生物処理と同等か或いはそれ以上の処理効果をあげている好例である。

流入水の懸濁物質組成は、図1のとおりであり、A~C浄化槽と較べても大きな差はみられなかった。

凝集沈殿槽越流水では、懸濁物質量は22 mg/lと少なく、粒径63 μm以下の各粒径間の差もほとんどみられなかった。

懸濁物質の粒径と汚濁物質残存率との関係は、流入水では図2-2~4にみるとおり、COD・TOC・T-Pでは粒径1.2 μm以上の懸濁物質を除去することにより残存率は50%以下となったが、T-Nでは、孔径0.45 μmのろ液でも、なお75%が残存していた。

凝集沈殿槽越流水では、粒径20 μm以上の懸濁物質を除去しても、COD・TOC・T-Pとも87%以上が残存していた。

4 ま と め

(1) 活性汚泥法によるし尿浄化槽排水について、懸濁物質の粒径別組成と水質について検討した結果、

- ① いずれの浄化槽の流入水についても、ほぼ似た懸濁物質組成であった。
- ② 管理状況のよい沈殿槽越流水では、粒径105 μm以上の懸濁物質は除去されていた。粒径105 μm未満0.45 μmまでの懸濁物質については、あまり組成に差がみられなかった。
- ③ 懸濁物質の粒径と水質との関係では、流入水については、BOD・TOCでは粒径20 μm以上の懸濁物質をろ別することにより50%以上が除去できるが、窒素・リンについては粒径1.2 μm以上をろ別しても残存率は59%以上であった。
- ④ 沈殿槽越流水の懸濁物質組成は、BODについてはA浄化槽を除き、粒径63 μm以上をろ別することによって残存率は45%となったが、COD・TOC・T-N・T-Pでは、懸濁物質を除いても水質にあまり差がみられなかった。

(2) 活性汚泥法における溶存成分の経時変化について実験を行った結果

- ① 流入水と返送汚泥が混合されると、まず低濃度の返送汚泥によって希釈され(希釈率は返送汚泥比によ

り異なる), 次いで活性汚泥により吸着・酸化が進行するものと考えられる。

② 3時間程度のばつ気でBOD・COD・TOC濃度は低下するが、その後ばつ気時間が長くなってもあまり減少しない。

(3) 化学処理法によるし尿浄化槽排水については、

① 凝集沈殿処理後の除去率は、BOD・COD・TOCは、それぞれ85%・78%・78%であり、活性炭吸着処理後の放流水では、BOD・COD・TOCは $3\text{mg}/\ell$ ・ $9\text{mg}/\ell$ ・ $8.9\text{mg}/\ell$ となり、生物処理と同等かそれ以上の良好な結果であった。

② 流入水の懸濁物質組成および懸濁物質の粒径と水

質については、生物処理法のし尿浄化槽とほぼ同様であった。

以上、実態調査および合併式し尿浄化槽排水を用いて、懸濁物質の除去とその水質について検討した結果、流入水中の懸濁物質が水質に大きな影響を及ぼしており、懸濁物質を除去することにより水質はかなりの程度に改善できることが判った。このことは、凝集沈殿処理を主体とした化学処理法によって実際に処理を行っている処理施設の調査結果からも実証できた。

また、ばつ気実験および実処理施設の調査結果からばつ気槽内では、流入水中のBOD・TOC濃度はごく短時間で50%以上が減少するが、その後はあまり減少していかない傾向がみられた。